



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

中瑞零碳建筑项目

示范工程报告

哈尔滨超低能耗建筑创新综合体修缮工程

中文版



2024年10月



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技

intep

skat



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

本报告系在中瑞零碳建筑项目框架下编制。该项目由瑞士发展与合作署资助, 并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作实施, 旨在推动国际合作与交流。

作者:

路枫博士、Roland Stulz、朱继龙、王昕昱 | 瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
Wesley Wojtas | 瑞士Skat咨询公司

内容贡献与审阅人员:

张时聪博士、杨芯岩博士 | 中国建筑科学研究院
李寅、吴佳艳、胡亦奇 | 浙江大学建筑设计研究院

设计与排版:

Intep-Skat 联合团队

intep
skat

引用格式:

路枫, Wesley Wojtas, Roland Stulz, 朱继龙, 王昕昱. 哈尔滨超低能耗建筑创新综合体修缮工程:《中瑞零碳建筑项目示范工程项目报告》[R]. 苏黎世: Intep-Skat, 2024.

中瑞零碳建筑项目是由瑞士发展与合作署资助, 并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作开展的国际合作项目。该项目旨在通过分享瑞士在可持续及零碳建筑领域的先进经验, 推动减少温室气体排放, 助力中国建筑行业实现碳中和发展。

项目实施团队:

瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司
瑞士Skat咨询公司
中国建筑科学研究院

微信公众号:

SinoSwissZEB



网站:

zeb-china.org



封面图片: 哈尔滨超低能耗建筑创新综合体修缮工程

目录

1.	中瑞零碳建筑项目背景	2
2.	项目初始状态	4
3.	中瑞合作	5
4.	项目成果	9
5.	经验总结	10



图 零碳建筑示范项目分布图。共八个项目，覆盖四个气候区。(图片来源:瑞士EBP咨询)



1. 中瑞零碳建筑项目背景

1.1. 中瑞零碳建筑项目简介

为了共同应对全球气候变化,加强中瑞两国在建筑行业减排领域的合作,2020年11月24日,中华人民共和国住房和城乡建设部与瑞士联邦外交事务部签署了在建筑节能领域发展合作的谅解备忘录。在此备忘录框架下,瑞士发展合作署(SDC)发起并资助了中瑞零碳建筑项目,旨在通过引入瑞士的经验和技能,支持中国制定零碳建筑技术标准和建筑行业中长期碳减排路线图,并在不同气候区建设零碳建筑示范工程,同时开展多种形式的能力建设活动,最终推动中国建筑行业的碳中和发展。

项目目标

- 将现有建筑能效标准升级至零碳建筑技术标准
- 在中国四个典型气候区实施示范工程,以测试新的零碳建筑标准并寻找优化潜力
- 开展零碳建筑设计能力建设以及相关的知识传播

项目起止时间

2021年3月15日至2025年11月30日

项目对保护气候的影响

减少建筑领域二氧化碳排放

1.2. 示范工程的筛选流程

示范工程的目标与作用

- 达到中国国家零碳建筑技术标准的要求
- 示范工程作为案例研究,指导和教育更多项目实施零碳建筑目标

评估委员会和遴选过程

- 中国科学院团队负责公开征集示范工程申请文件
- 启动由中国和瑞士专家参加的项目介绍会,完成答疑以及评估环节
- 由中国和瑞士专家按照评选标准进行项目评审
- 基于中瑞专家联合反馈和推荐,由住建部公布选定的示范工程

评选标准

- 资格标准:获选项目应具有一定的政治承诺性、资金承诺性、可干预性、可支付性和可复制可推广潜力、可见性和可及性、多样性
- 评级标准(评估权重):二氧化碳减排潜力和其他环境效益(40%)、受益人数(20%)、示范潜力(20%)、地方政府的激励政策(20%)
- 示范工程适用性(第一批):是否可快速启动、与零碳建筑技术标准草案的兼容性、示范特性、工程与技术数据的是否容易获取

甄选时间

2023年6月

1.3. 工作流程

中瑞联合团队

中瑞专家团队由中国和瑞士两国的专家共同组成。中国项目设计团队首先提出设计原型和零碳设计方案,在了解了项目的设计特点后,中瑞专家团队为设计团队针对设计原型和设计理念进行反馈,并进一步根据项目的特点提出了更多的建议,以便设计团队后期根据项目的实际情况进行调整和采纳。瑞士团队还根据项目设计团队提出的问题,安排了一系列具体有关零碳设计的网络研讨会进行交流。瑞士专家提供的所有建议和思路均基于他们过去的相关项目经验,这些宝贵的经验不仅来自瑞士和欧洲,而且还来自世界上其他类似气候区。

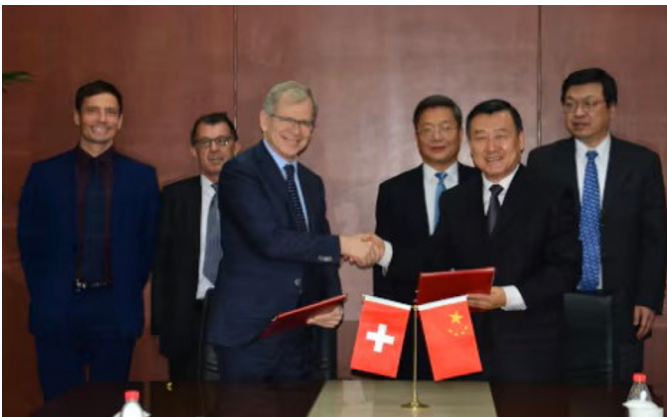


图1 瑞士驻华大使贝尔纳迪诺·雷加佐尼 (Bernardino Regazzoni) 于2020年11月24日会见中国住房和城乡建设部副部长倪虹并签署合作备忘录 (图片来源: 瑞士驻北京大使馆)

中瑞合作的目标

此次中瑞合作的目标是共同把控和提高项目质量,推动项目达到零碳建筑标准。通过此次合作,瑞士专家团队不仅将瑞士的经验和专业知识带到中国,同时也从中国同行获得更多信息并学习相关经验,两方互惠合作,寻求在全世界范围内成功建造零碳建筑的最佳解决方案。

工作流程

中瑞两方通过网络研讨会、在线研讨会、快速技术反馈、专家研讨会、微信讨论和实地考察等各种线上线下工作方式,将初期想法转化为建设性建议与措施,在沟通过程中,开诚公布的信息交流对于测试想法的可实施性非常有帮助。

项目持续时间

2022年10月 - 2024年12月

为什么该项目被选为示范工程以及它成为零碳建筑的潜力

设计和技术改进以及减排的潜力

- 这是目前唯一一个作为中瑞零碳建筑示范工程的改造项目
- 这是目前甄选的中国严寒地区唯一的一个项目。
- 这个项目预估可得到很多瑞士的经验用以借鉴,因为它的气候区与瑞士很相似。
- 由于设计方同时也是投资方,地皮也归属当地政府,因此从考虑打造零碳建筑所需的额外费用和工期延长这两方面看,条件应相当不错。
- 该项目可以成为建筑结构坚固、内保温和门窗密封性的一个很好的例子。
- 由于该项目不需要新建,因此所需新材料较少,因此对环境和生物多样性的负面影响也会较小。
- 大楼位于哈尔滨市一条主要街道,它作为示范工程的可视性较好。

瑞士专家提供的改进建议

- 瑞士专家可在该项目上引入再利用方面的主题专业知识,并介绍瑞士领先建筑办公室改造方案。
- 在瑞士顶尖大学和教授的支持下,瑞方团队可在再利用、循环建造/循环经济和城市采矿方面给与经验介绍。
- 瑞士专家可在内外墙保温方面给与技术支持。
- 瑞士专家可介绍瑞士在极低温度(例如:-30至-40°C)下使用空气源热泵的特殊经验。
- 瑞士专家可以介绍瑞士处理冷热桥的经验。
- 瑞士专家可介绍瑞士同类建筑的能源方案全面改造项目。
- 瑞士专家可介绍瑞士处理文化遗产建筑修缮的经验。
- 瑞士标准专家可介绍瑞士改造建筑的碳排计算经验
- 瑞士专家可介绍针对办公楼改造的Minergie认证流程。



2. 项目初始状态

2.1. 项目组织规划

2023 年 7 月,“哈尔滨超低能耗建筑创新综合体改造”入选中瑞零碳建筑项目第三批示范项目。该项目是由中国住房和城乡建设部与瑞士发展合作署共同发起的小型国际合作项目。该项目于 2022 年 10 月开工,预计于 2024 年 12 月正式竣工。

业主

黑龙江省寒地建筑科学研究院

主导设计团队

黑龙江省寒地建筑科学研究院

中瑞零碳建筑国际联合咨询团队

Intep, Skat, CABR, Low-Tech, UAD, HSLU, EMPA 等.

2.2. 项目概况

地点

中国黑龙江省哈尔滨市果戈里大街 31 号(气候区为严寒 B 区;太阳能资源区为 III 级)

历史

建于 20 世纪 90 年代的办公楼,2020 年前改建为酒店

区域

- 总建筑面积 8610 m²,包括地上 9 层(7490 m²)和地下 1 层(1120 m²)。
- 能源参考面积 8610 m²
- 供暖期:10 月 20 日 - 4 月 20 日
- 供冷期:7 月 1 日 - 8 月 31 日

建筑设计亮点

(见附录 A.1 图纸)

- 改造现有建筑
- 翻新后的办公楼,其中一部分用于建筑材料研究。

建筑方案亮点

- 街道立面的内部保温隔热
- 庭院外墙的外保温隔热
- 用于空间供暖和制冷的空气热泵/风冷式冷水机组
- 带热回收功能的机械通风设备(过渡季可选择通过窗户进行自然通风)
- 多种类型高性能门窗
- 屋顶光伏发电,部分外墙碲化镉发电



图2 翻修前的照片和翻修后的效果图(图片来源:项目介绍.2023 年 10 月 26 日)

3. 中瑞合作

3.1. 示范项目设计团队简介

哈尔滨示范工程的主导团队是黑龙江省寒地建筑科学研究院,该院是黑龙江省住房和城乡建设厅直属事业单位,是我国专业从事寒冷地区建筑科学研究的重要科研机构。在建筑节能、绿色建筑、墙体保温材料、文保修缮、老旧小区改造等领域取得显著业绩;在外墙保温、高效保温节能外窗、建筑碳排放、高效新风热回收技术等方面取得了大量研究成果,多项成果进入转化孵化期;同时开展工程咨询与设计等技术实践,集设计、咨询、诊断评估于一体,完成了多项超低能耗建筑前期咨询与设计工作,促进了科技成果转化。

3.2. 项目总体初评

总体印象

该示范项目非常重要,原因有四:

- 该项目为首个符合零碳项目标准的改造项目
- 该项目保留了历史街道特色的临街立面
- 该项目位于市中心显要位置
- 该项目为严寒地区首个零碳示范项目

因此,该项目需要克服一些艰巨的挑战,这些挑战可以为中国未来的改造项目树立榜样。该项目需要极高的专业知识和非常仔细的规划和执行。作为一个零碳项目示范项目,哈尔滨历史建筑改造项目可以成为中国建筑改造的真正灯塔。

3.3. 初步讨论与优化方案

以下是瑞士团队提供的输入和咨询活动清单(见快速技术反馈表、网络研讨会、研讨会和特别协调等)

- 某些用于隔热和暖通空调的试验性元件:需强调的是,这些元件如果没有经过充分测试,可能会导致缺陷,这就需要一个备份计划。例如,迅速更换任何故障试验元件。
- 真空绝热板作为试点元件仅在一两个房间内使用:根据瑞士的经验,真空绝热板的安装具有挑战性,容易损坏,而且对装饰有限制,如挂画。此外,真空绝热板通常比普通隔热材料昂贵得多。
- 对于内部绝热,必须确保建筑物理计算,以避免湿气损害。不过,哈尔滨的低湿度在这方面是有优势的。
- 用新的三层玻璃窗取代现有的窗户至关重要,这样可以大大提高气密性,从而增加室内湿度。如果现有窗框质量很好,也可以只更换玻璃。这种方法将有助于降低能耗。
- 建议窗户遮阳,以在被动太阳能热增益、眩光减



图3 翻新后高层办公空间效果图 (图片来源:项目介绍.2023年10月16日)



少和太阳控制之间实现最佳平衡,同时促进有效的日光收集。如果可行,遮阳板应安装在外墙面。此外,还应与保护历史古迹相协调。

- 示范团队指出,中国的建材碳排放信息并不全面。瑞士专家建议,强制要求生产商在投标文件中提供碳排放数据,作为采购选择的重要标准。这不仅能为计算项目的内含碳排放量提供可靠数据,也有助于逐步积累建材数据库的碳排放数据。
- 建议采用测量和智能控制,以收集可靠的数据进行操作优化。
- 混合动力系统,采用空气源热泵用于基本负荷,采用额外的锅炉用于高峰负荷或室外温度低于30°C时,以及新风预热。
- 对于低天花板区域的通风,建议使用所谓的“复合通风”(=Verbundlüftung)。无需吊顶,因此天花板的蓄热能力也依然有效。
- 瑞士专家建议考虑在夏季夜间主动进行自然通风,以降低建筑物的整体温度,并利用建筑材料(如裸露混凝土)的热惰性和蓄热能力来减少夏季制冷需求(例如,利用夜间自然通风提前将室内温度降至18-20°C)。在这种情况下,建筑物在中午之前无需降温即可运行,能够满足持续1.5至2个月的降温需求)。
- 循环型建筑(重复使用和拆卸设计)的潜力,如可重复使用的无承重功能的室内隔墙和翻新现有家具。
- 迅达(Schindler)瑞士和中国团队将为电梯改造提供技术支持。

- 光伏(PV)能源的有限生产不足以满足预计的用电量。
- 瑞士专家建议在完工后收集1到2年的跟踪数据,以比较模拟数据和实际运行数据。

3.4. 示范项目团队的反馈与方案优化

在收到瑞士团队的第一份意见后,项目设计团队重新做出了如下答复:

- 目前的建筑用于内部隔热的空间有限,因此真空隔热板成为唯一可行的解决方案。在施工现场实施这一方案时,设计团队遇到了正确安装方面的挑战,并从中获得了宝贵的经验。
- 一楼现有的优质固定窗将予以保留,并将在内侧安装新的双层玻璃。这种双层窗户系统既能满足要求,又能减少碳排放量。
- 该建筑的东南面照射极少,而且周围都是高大的建筑,对遮阳的需求不大。将在2024年夏季评估后决定是否安装外部遮阳系统。
- 混合供暖系统:空气源热泵+电锅炉
 - 散热器(50°C->40°C),带恒温通风装置
 - 冬季室内温度20°C
 - 1/3的区域有暖气但没有冷气
 - 2/3的区域既有暖气又有冷气
 - 超低温空气源热泵(极端天气-30°C)

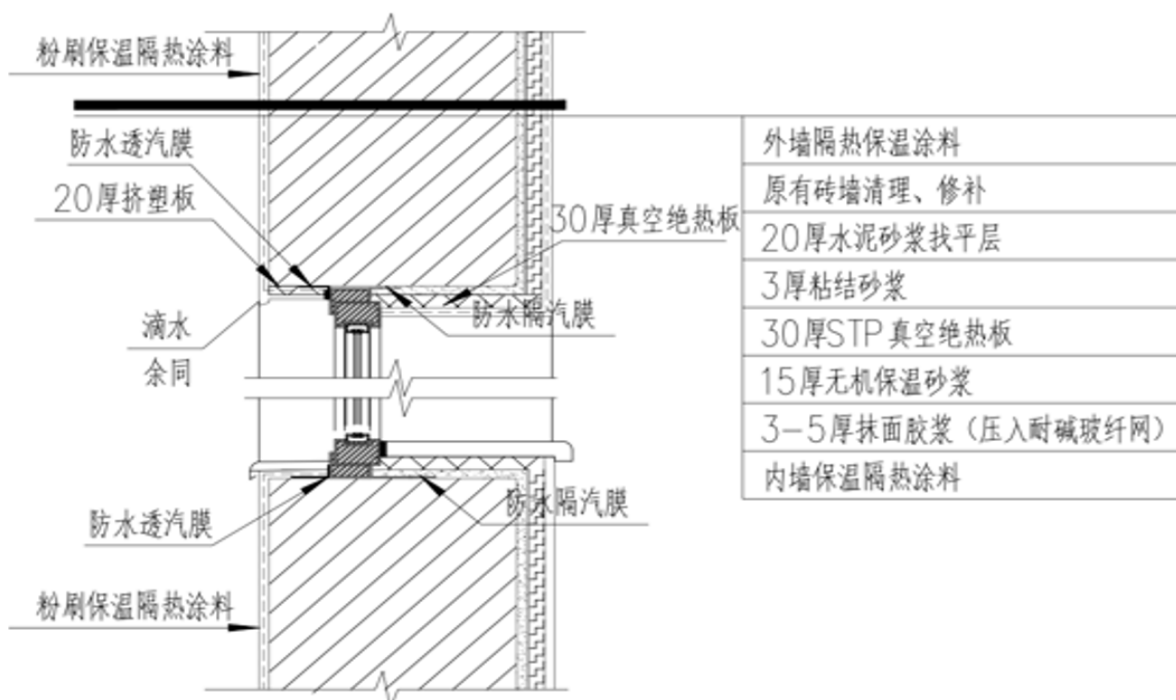


图4 带30毫米真空板的内部隔热层详图 (图片来源:2023年12月15日计划)

- 复合通风技术可以纳入考虑。瑞士方面通过研讨会提供相关意见和支持。

3.5. 瑞方补充建议

- 燃气锅炉作为补充热源,以应对极端的冬季条件
- 内墙覆盖保护真空板,防止用户在操作阶段损坏真空板。
- 瑞士方面将根据瑞士的经验对项目进行“重新设计”。项目成果将成为未来项目设计理念和经验的展示平台。
- 其他建议

3.6. 基于中瑞交流的深化改进

区域供热中心:区域供热中心在中国北方很常见。区域供热的成本取决于建筑面积,而不是耗热量。这是由于相邻公寓等近距离区域之间可能存在热量转移(其中一栋公寓可能会通过隔热性能较差的墙壁利用从相邻公寓转移过来的热量,从而减少其热量需求)。这种定价政策不利于改造项目,因为这些项目的热需求较低,但仍需支付相同的集中供热费用。或者,它们可能需要依靠独立的供暖系统。

3.7. 能耗计算

方案改进后计算结果

- 基准建筑总能耗: 65.71 kWh/(m²·a)
- 优化后设计建筑总能耗: 50.72 kWh/(m²·a)
- 建筑产电: 12.46 kWh/m² (仅建筑物屋顶光伏板)
- 碳强度指标: 16.3 kg/(m²·a) (运营阶段)



图5 将旧窗户更换为三层玻璃窗 (图片来源:项目介绍, 2023 年10 月21日)



图6 屋顶空气源热泵 (图片来源:项目介绍. 2023 年10 月21日)



图7 复合通风系统适用于低楼层高度(3.00米) (图片来源:项目介绍. 2023 年10 月21日)

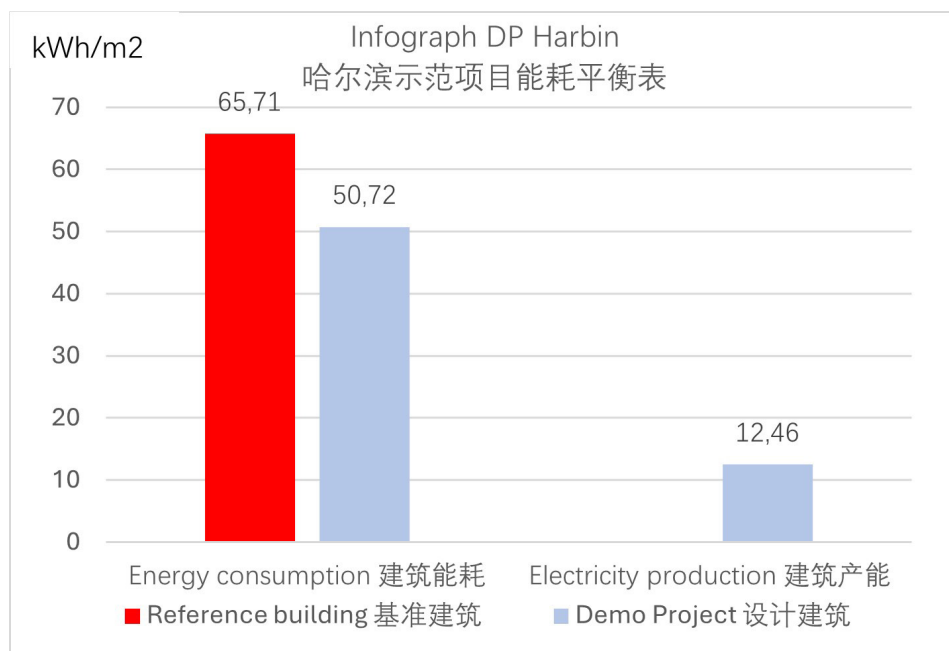


图8 项目能耗比较 (图片来源: 中瑞零碳建筑项目)

4. 项目成果

4.1. 示范项目方的评语

建筑师 李弘范 黑龙江省建筑设计研究院总建筑师

项目能够结合严寒区气候环境,利用既有建筑在不改变结构主体,尊重原有外立面传统欧式风格的基础上,采用最先进的超低能耗节能技术,从项目策划到超低能耗建筑系统设计和运营创造了风格清新、技术成熟、绿色节能的突出效果;尤其对引领零碳建筑设计、严寒区既有建筑改造及营造地方建筑风格提供了极好的范例。

能源顾问 李晓冬 哈尔滨工业大学教授

严寒地区零碳建筑项目建设对于暖通工程师来说是一项巨大的挑战,通过采用高性能围护结构、高效清洁供暖和新风系统、智慧运维管控技术,实现了暖通空调系统全生命周期的节能降碳。相关技术的应用示范可为零碳建筑在寒区的推广提供有力的技术支撑,推进严寒地区建筑领域低碳化转型,助力双碳目标的实现。

投资方 张浩 中建生态环境集团有限公司

零排放建筑项目显著降低了全生命周期的碳足迹,正引领着未来建设的新方向,其对新兴市场机遇的敏锐捕捉以及对可持续发展影响的重视,为投资人开辟了兼具经济效益与社会责任的新视野,是新时代投资版图中的蓝海领域。

使用方 陆彤 黑龙江省寒地建筑科学研究院总规划师

高性能的保温系统与高效率的清洁能源利用,为我们提供了健康舒适的环境与经济合理的运行成本,创新综合体不仅是零碳建筑示范项目,同时也是低碳建筑研究的综合实验平台,为持续研发与创新提供了有力的技术支撑。

4.2. 项目成果的总体评价

哈尔滨项目是中瑞零能耗建筑项目框架下的首个改造示范项目。计算和模拟需要经过验证才能获得最终认证。

在50年的寿命期内,预估该建筑的碳排放总量约为7017吨。

4.3. 确认该项目成为零碳建筑示范工程

中瑞零碳建筑项目专家确认该项目具备潜力可达到了零碳建筑技术标准中对改造项目设定零碳目标。



图9 改造后大厅面貌 (图片来源:示范工程方)



图10 改造后门厅面貌 (图片来源:示范工程方)



图11 7楼会议室 (图片来源:示范工程方)



5. 经验总结

5.1. 管理与组织

中国建筑项目短暂的设计周期对于瑞士专家团队来说是非常具有挑战性的,因此,瑞士专家团队与中国示范建筑项目团队之间密切、持续的沟通在项目设计和施工过程中至关重要。在合作过程中,瑞方团队需要在极短的时间内回应中国团队的诉求,并快速投入相关技术支持,以便在短时间内将想法与概念迅速融入到项目中。

能耗和碳排放模拟计算的设计参数和模拟能耗数据比任何文字或理论都更有说服力。例如,利用瑞士专家开发的计算工具得出的数据与中方团队提供的数据进行比较和分析,瑞士团队可以与中国团队进行更有建设性的沟通并顺利推进项目实施。因此可见,该项目的成功得益于中瑞双方团队密切合作。

5.2. 技术解决方案

该项目未来将成为中国大量改造项目的示范,因此需要进行全面总结。一方面,它总结了哈尔滨项目本身的设计和施工经验,另一方面,它在瑞士经验的基础上拓展了潜在的技术路径和经验教训。作为建筑设计和技术路径的参考,这个“瑞士设计”将成为未来此类改造项目的示范灯塔项目。

5.3. 交流合作

项目推进过程中,中瑞两方积极使用了以下沟通方式:

设计工作坊及技术反馈:

- 专家启动研讨会
- 专家项目更新研讨会
- 线下研讨会
- “复合通风”后续会议 (Vebundlüftung)
- 旧建材和组件的回收再用

中瑞零碳建筑项目首批示范工程联合专家研讨会

- 高效电梯
- 现场可再生能源的储存和使用
- 热能网

有关以下内容的快速技术反馈 (RITS):

- 景观规划中的生物多样性
- 制定、共享和展示零碳建筑责任手册
- 通过微信、电话、邮件定期交流讨论
- 关于各种零碳建筑主题的公开和内部讲座
- 有关零碳建筑政策、法规、标准、概念和技术等的宣传册



图12 7楼演播厅 (图片来源:示范工程方)



图13 太阳能板 (图片来源:示范工程方)



图14 改造后建筑沿街外观 (图片来源:示范工程方)

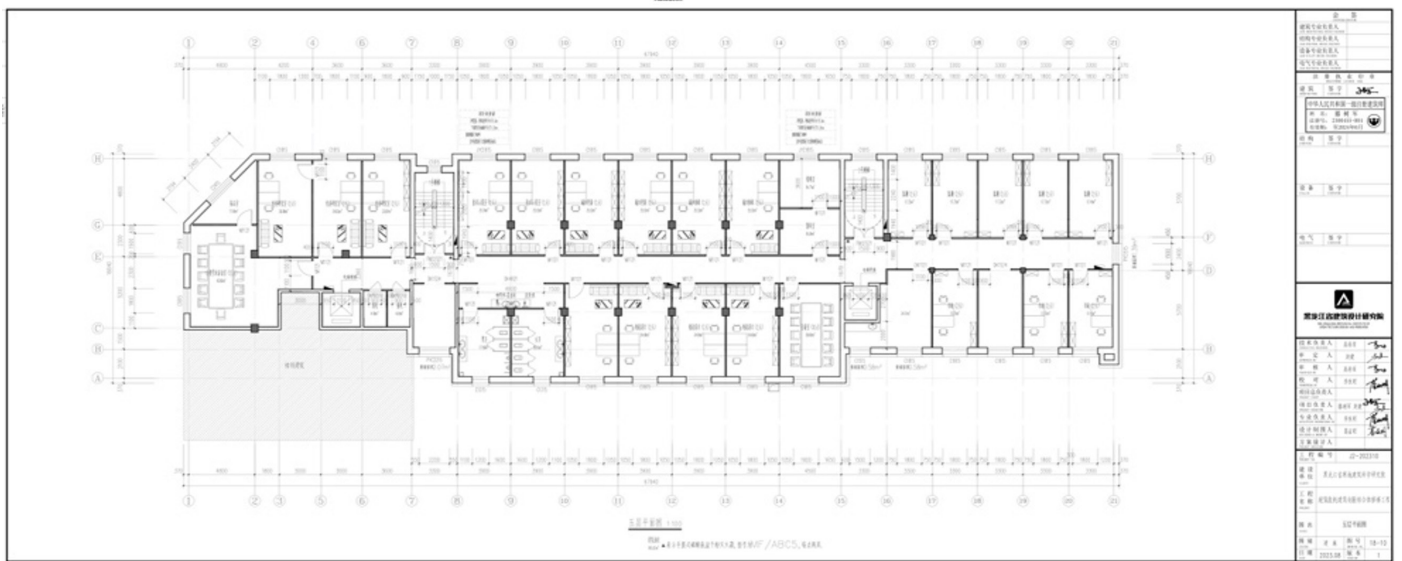
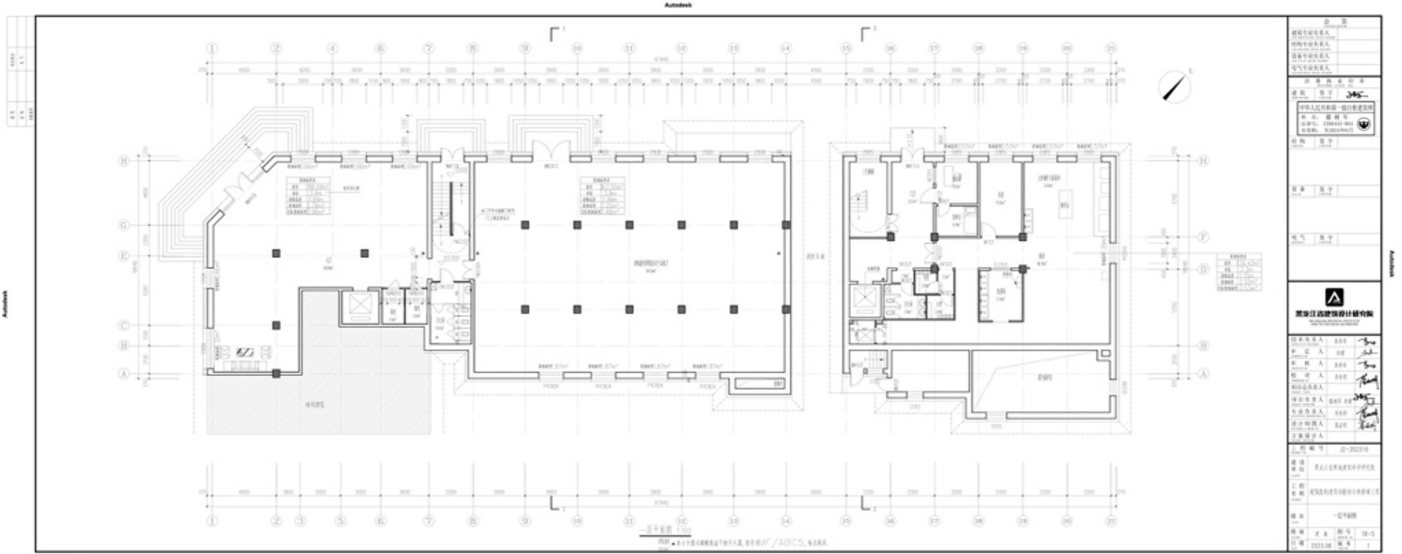


图15 改造后空气源热泵机组 (图片来源:示范工程方)



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

附录 1. 项目主要图纸





让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技

intep

skat